

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Erhöhte Anforderungen in der Leistungselektronik . . . . .	1
1.2	Ansätze für effizientere, kompaktere und robustere Systeme . . .	2
1.3	Vorgehensweise . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Stand der Technik</b>	<b>5</b>
2.1	Anwendungen mit erhöhten Anforderungen . . . . .	5
2.2	Aktuelle Silizium-Leistungshalbleiterbauelemente . . . . .	14
2.2.1	Leistungsdioden . . . . .	15
2.2.2	Abschaltbare Leistungshalbleiter . . . . .	16
2.2.3	Aufbau- und Verbindungstechnik . . . . .	19
2.3	Verlustmechanismen bei Leistungshalbleitern . . . . .	23
2.3.1	Statisches Verhalten . . . . .	23
2.3.2	Dynamisches Verhalten . . . . .	26
2.4	Kühlung von Leistungshalbleitern . . . . .	30
2.4.1	Entwärmungsmechanismen . . . . .	31
2.4.2	Vergleich von Leistungskühltechnologien . . . . .	34
<b>3</b>	<b>Siliziumkarbid-Leistungshalbleiterbauelemente</b>	<b>43</b>
3.1	Materialeigenschaften . . . . .	43
3.1.1	Kristallstruktur, Polytypen und Herstellung . . . . .	43
3.1.2	Vergleich von Materialparametern . . . . .	45
3.1.3	Auswirkungen auf Bauelementeeigenschaften . . . . .	45
3.2	Aussichtsreiche SiC-Leistungshalbleiterstrukturen . . . . .	49
3.2.1	Schottky Barriere Diode (SBD) . . . . .	51
3.2.2	Sperrschicht Feldeffekttransistor (JFET) . . . . .	52
3.2.3	Metalloxid Feldeffekttransistor (MOSFET) . . . . .	55
3.2.4	Bipolare Halbleiterstrukturen . . . . .	57
3.3	Potenzial, Marktreife und Verfügbarkeit . . . . .	58

<b>4</b>	<b>Vergleich der Bauelementeeigenschaften</b>	<b>61</b>
4.1	Versuchsmuster, Randbedingungen und Vergleichbarkeit . . . . .	61
4.2	Vergleich zwischen Si-EmCon und SiC-SBD . . . . .	65
4.2.1	Statische Eigenschaften . . . . .	65
4.2.2	Dynamische Eigenschaften . . . . .	67
4.3	Vergleich zwischen selbstleitendem SiC-LC-VJFET und Si-IGBT	72
4.3.1	Treiberstufenanforderungen . . . . .	73
4.3.2	Statische Eigenschaften . . . . .	75
4.3.3	Dynamische Eigenschaften . . . . .	76
4.4	Untersuchungen zum selbstsperrenden SiC-VC-VJFET . . . . .	90
4.4.1	Treiberstufenanforderungen . . . . .	91
4.4.2	Statische Eigenschaften . . . . .	92
4.4.3	Dynamische Eigenschaften . . . . .	93
4.5	Untersuchungen zum SiC-MOSFET . . . . .	97
4.5.1	Treiberstufenanforderungen . . . . .	98
4.5.2	Statische Eigenschaften . . . . .	99
4.5.3	Dynamische Eigenschaften . . . . .	100
4.6	Diskussion der Ergebnisse . . . . .	105
4.6.1	Beurteilung der SiC-Dioden . . . . .	106
4.6.2	Beurteilung der SiC-Leistungshalbleiterschalter . . . . .	106
<b>5</b>	<b>SiC-JFET- und Si-IGBT-Wechselrichterverluste</b>	<b>111</b>
5.1	Wechselrichtertopologien . . . . .	111
5.1.1	Spannungszwischenkreiswechselrichter (U-Wechselrichter)	112
5.1.2	Stromzwischenkreiswechselrichter (I-Wechselrichter) . . .	114
5.1.3	Topologiewahl und Halbleitereigenschaftsprofile . . . . .	117
5.2	Verlustabschätzung für gleiche Chip-Flächengrößen . . . . .	121
5.2.1	Definition der Randbedingungen . . . . .	121
5.2.2	Analytische Bestimmung der Verlustanteile . . . . .	123
5.2.3	Vergleich und Diskussion . . . . .	128
<b>6</b>	<b>Versuchsdemonstratoren</b>	<b>139</b>
6.1	Komponenten- und Systemaspekte . . . . .	139
6.1.1	Einsatztemperaturgrenzen aktueller Elektronikbauteile . .	140

6.1.2	Tests zum thermischen Grenzbereich eines Wechselrichters	142
6.1.3	EMV gerechter Schaltungsentwurf . . . . .	148
6.2	SiC-JFET-Wechselrichter (Fokus: Hochtemperatur) . . . . .	149
6.2.1	Systembeschreibung . . . . .	149
6.2.2	Messergebnisse . . . . .	159
6.2.3	Systembewertung . . . . .	164
6.3	SiC-MOSFET-Wechselrichter (Fokus: Energieeffizienz) . . . . .	167
6.3.1	Systembeschreibung . . . . .	168
6.3.2	Messergebnisse . . . . .	170
6.3.3	Systembewertung . . . . .	172
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>175</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>179</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>189</b>